



TITLE:

適応共鳴理論を利用したプラント の監視・診断方法に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

堀, 嘉成

CITATION:

堀, 嘉成. 適応共鳴理論を利用したプラントの監視・診断方法に関する研究. 京都大学, 2019, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2019-03-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21800>

RIGHT:

許諾条件により本文は2020-03-23に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	堀 嘉 成
論文題目	適応共鳴理論を利用したプラントの監視・診断方法に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>近年、プラントの老朽化や熟練運転員の不足などを背景に、プラントを高効率に運用し、保守を効率化するためのプラントの状態監視・診断システムのニーズが高まっている。プラントの状態・監視システムには様々な手法が提案されているが、有望な手法の1つに、データクラスタリング技術の1つである適応共鳴理論（Adaptive Resonance Theroy:ART）を利用した方法がある。しかしながら、ARTのパラメータがデータ分類特性に与える影響は十分に検討されておらず、主要パラメータの明確な決定指針がない。また、ARTを異常検知に適用する場合、いくつかの適用方法、異常判定方法があるが、これらの違いが異常検知性能に及ぼす影響は明確にされていない。さらに、プラントの監視・診断技術としての実用化を想定した場合には、ARTのアルゴリズムには改善の余地がある。</p> <p>本研究では、ARTを利用したプラントの監視・診断システムの実用化を目的とし、ARTの分類特性の評価とアルゴリズムの改良を行い、実験装置を用いたオンライン異常検知試験により、本システムの有効性を検証した。また、ARTの適用方法が異常検知性能に及ぼす影響を検討した。さらに、教師あり学習である ARTMAP のアルゴリズム改良とプラント性能評価技術への適用方法を提案した。</p> <p>第1章では、プラントの監視・診断技術及びARTに関する先行研究をまとめ、本研究の位置付けを明らかにした。</p> <p>第2章では、ARTのアルゴリズムについて述べ、ARTのパラメータがデータ分類特性に与える影響を評価した。また、主要パラメータである警戒係数ρについて、データ分割数、データ次元数との関係を整理し、データ密度が一定の条件では、1次元あたりのカテゴリー数とρの関係は、次元数によらず一定であることを示した。次に、ARTを異常検知システムに利用する基本的な考え方と特徴を述べ、複数の異常検知方法を説明し、運転データと生成するカテゴリー番号の一貫性を保ち、異常検知性能を向上させるためのアルゴリズムを提案した。</p> <p>第3章では、第2章で提案したアルゴリズムに基づく異常検知システムの有効性を、蒸留塔試験装置を用いたオンライン試験で検証した。蒸留塔試験装置を原料供給系、蒸留塔、リフラックス系、及びリボイラーの4部位に分け、それぞれの部位毎に警戒係数が異なる5つのARTを適用する方法により、異常に至る前の微小な状態変化と、異常の程度を把握することができた。本試験により、オンライン試験で発生させた4つの模擬異常を検知でき、正常データの誤検知は発生しなかったことから、本システムの有効性を確認できた。</p> <p>第4章では、第3章までに提案した診断モデルと異常判定基準の違いが異常検知性能に与える影響を評価するため、多様な異常データを持つ Tennessee Eastman Process データを用いて異常検知性能を評価した。評価の対象は、（A）単一モデル、（B）マルチモデル、（C）分散モデル、および（D）マルチ分散モデルの4つの診断モデルと、新規カテゴリーの発生と異常度の2つの異常判定基準を組合せた8通りのケースとした。各診断モデルの警戒係数ρを変化させて Receiver Operating Characteristic 曲線を求め</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	堀 嘉 成
<p>た。そして、誤検知率が 0.15 以下となる異常検知率から異常検知性能を評価した結果、(C)分散モデル及び(D)マルチ分散モデルが、(A)単一モデル及び(B)マルチモデルに比べ、異常検知性能が高いことが分かった。また、異常判定基準が異なっても、異常検知性能には、有意な差は見られなかった。これらの検討結果に加え、異常程度の情報の有無、計算機負荷を考慮すると、異常度を発報の基準として分散モデルが最も良いモデルであることが分かった。</p> <p>第 5 章では、プラントの異常診断システムに適用するため、教師あり学習型 ART ネットワークである ARTMAP を簡略化した Simple ARTMAP を提案した。また、複雑なカテゴリー間の境界を定義したデータセットの場合には、過学習により未学習データの正解率が低下する問題があるため、カテゴリー毎に警戒係数を定義し、部分的に分類の詳細度を上げるデータ分類アルゴリズムを提案した。警戒係数がカテゴリー共通のアルゴリズムでは、未学習データに対する正解率が 15% となったが、提案アルゴリズムでは 91.5% に向上し、Simple ARTMAP における提案アルゴリズムの有効性を検証できた。</p> <p>第 6 章では、データクラスタリング技術を用いたプラント性能評価システムを提案した。本システムは、プラント効率などの性能評価指標 (KPI) が紐付けられた運転データを解析するものであり、KPI 付データ分類機能と分類結果可視化機能からなる。KPI 付データ分類機能では、プラントの運転データを ART により複数のカテゴリーに分類し、分類したカテゴリーとプラントの KPI の関係に対応付ける。カテゴリー毎に警戒係数を設定できる ART を用いることで、カテゴリーによらず同一の警戒係数を用いる場合に比べ、未学習データの分類性能が 58.7% から 89.1% に大幅に向上した。分類結果可視化機能では、縦軸の z 軸を KPI、xy 平面は、カテゴリーの重心を多次元尺度法を用いて擬似的に 2 次元平面上にマッピングしたグラフを用いた。本機能により、カテゴリーと KPI の関係を可視化でき、両者の関係を直観的に把握できる見通しを得た。</p> <p>第 7 章は結論であり、本研究の成果について総括するとともに、今後の研究課題について問題提起をしている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、適応共鳴理論 (ART) を利用したプラントの監視・診断システムの実用化を目的とし、ART のアルゴリズムの改良を行うとともに、ART 中で用いる主要なパラメータである警戒係数 ρ が異常検知性能に及ぼす影響の評価と、ART をプラントの性能評価に適用する方法をまとめたものであり、得られた主要な成果は以下の通りである。

1) 異常検知性能向上アルゴリズムの提案

ART を利用した異常検知システムの基本的な考え方と特徴を述べ、異常検知性能を向上させるための改良アルゴリズムを提案すると共に、検知基準として複数の方法を整理した。

2) 異常検知システムの有効性のオンライン試験での検証

蒸留塔試験装置で 4 つの模擬異常を発生させ、それらを検知でき、また正常データの誤検知が発生しないことを示すことで、提案システムの有効性を確認した。

3) 診断モデルと異常判定基準の違いが異常検知性能に与える影響の評価

多様な異常データを持つ Tennessee Eastman Process データを用いて異常検知性能を評価した。比較対象とした 4 つの診断モデルと 2 つの異常判定基準を組み合わせた 8 ケースで異常検知性能を比較し、分散モデルの異常検知性能が高いことを明らかにした。

4) 教師付学習モデル ARTMAP を利用した異常診断システムの改良

ARTMAP を利用した異常診断システムに対して、学習アルゴリズムを改良することで、未学習データの診断精度が向上することを示した。

5) ART をプラント性能評価に適用する方法についての提案

ART をプラント性能評価に適用する方法について提案し、提案手法により運転データとプラント性能の関係を学習し、両者の関係を可視化できる見通しを示した。

このように本論文は、実用化を目指した適応共鳴理論 (ART) を利用したプラントの監視・診断システムの開発に関する研究をまとめたもので、新規で有用な知見を多く含んでおり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 31 年 1 月 29 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。